



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ
INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

MIKROSIMULAČNÍ MODEL KŘIŽOVATKY
I/41 A I/42

MICROSCOPIC SIMULATION OF INTERSECTION OF ROADS I/41 A I/42

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Vojtěch Kaňok

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MARTIN VŠETEČKA, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav pozemních komunikací

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Vojtěch Kaňok
Název	Mikrosimulační model křižovatky I/41 a I/42
Vedoucí práce	Ing. Martin Všecký, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,
MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- * Příručka pro tvorbu a hodnocení mikroskopických simulací dopravy (Cityplan a VUT v Brně, 2013)
- * Manuály SW Aimsun
- * Dopravně-urbanistická studie Koleček-Jura (2016)

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Ověřte propustnost uzlu, ve kterém se mají křížit komunikace I/41 (ulice Plotní a Dorných) a I/42 (II. dočasně i III. městský okruh). Vycházejte z návrhu urbanistické studie Koleček-Jura, ovšem bez uvažování pouliční tramvaje. Vlastní posouzení proveďte matematickým modelem, konkrétně mikroskopickou simulací s využitím softwaru Aimsun. Odevzdejte zprávu, která popíše kalibraci, validaci a výsledky modelu.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Martin Všečeka, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá modelováním a porovnáním dopravního řešení za pomoci mikrosimulačního modelování dopravního proudu. Dopravní data byla zpracována v programu Aimsun a bylo vytvořeno několik variant návrhu, které byly mezi sebou porovnány, a následně doporučeno nejefektivnější řešení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Simulace, Mikrosimulace, Modelování, Aimsun, Návrh, Křižovatka řízená světelnými signály, Brno

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with modelling and comparing traffic arrangements, using microsimulation traffic flow modelling. The traffic dates were processed by Aimsun. Several design variations were created. These were compared with each other and the most effective arrangement was recommended afterwards.

KEYWORDS

Simulation, Microsimulation, Modelling, Aimsun, Suggestion, Crossroad junction controlled by traffic lights, Brno

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Vojtěch Kaňok *Mikrosimulační model křižovatky I/41 a I/42*. Brno, 2017. 35 s. 11 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací. Vedoucí práce Ing. Martin Všecký, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 5. 2017

Vojtěch Kaňok
autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 13. 5. 2017

Vojtěch Kaňok
autor práce

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Martinu Všeckovi Ph. D. za rady, které ochotně poskytoval během tvorby bakalářské práce. Také bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytovali pomoc a podporu během celého dosavadního studia.

Obsah

1	Řešené území	15
1.1	Širší vztahy.....	15
1.2	Stávající stav.....	15
1.2.1	I/41 Plotní	15
1.2.2	I/42 VMO	16
1.2.3	Souhrn.....	16
1.3	Navrhované stavy.....	17
1.3.1	Varianta A	17
1.3.2	Varianta B	18
1.3.3	Varianta C	18
1.3.4	Varianta D	19
2	Tvorba modelu - obecně	20
2.1	Tvorba modelu.....	20
2.1.1	Geometrie	20
2.1.2	Chodci.....	21
2.1.3	Matice dopravních vztahů	21
2.1.4	Řídící plán.....	22
2.1.5	Kalibrace a validace modelu.....	22
3	Zevrubný popis variant	24
3.1	Varianta A.....	24
3.1.1	Matice dopravních vztahů	24
3.1.2	Řídící plán.....	24
3.2	Varianta B.....	26
3.2.1	Matice dopravních vztahů	26

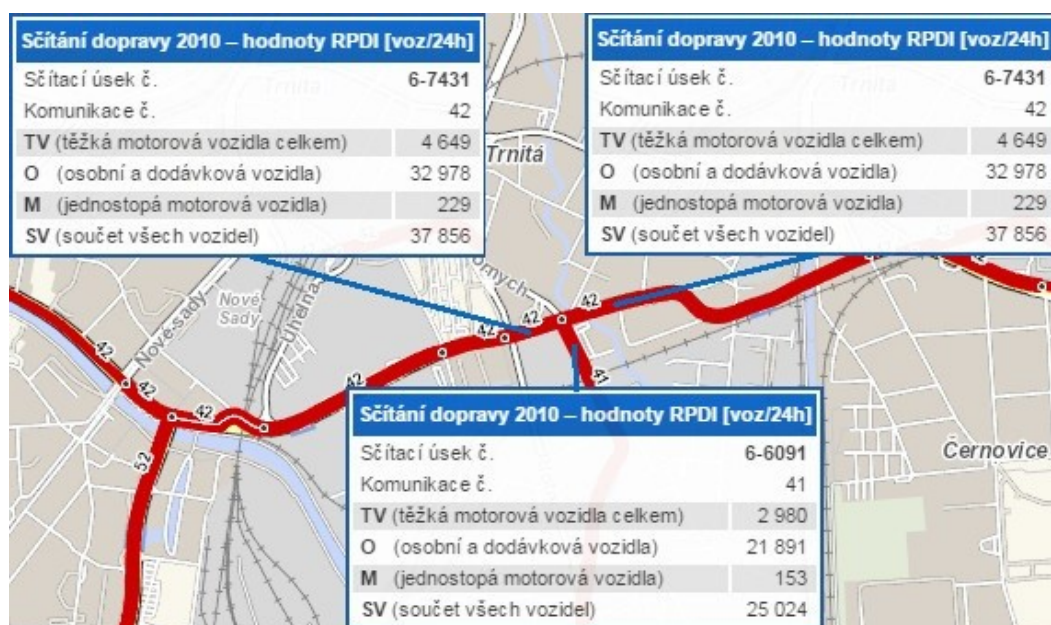
3.2.2	Řídící plán.....	26
3.3	Varianta C	28
3.3.1	Matice dopravních vztahů.....	28
3.3.2	Řídící plán.....	28
3.4	Varianta D	30
3.4.1	Matice dopravních vztahů.....	30
3.4.2	Řídící plán.....	30
4	Výsledky	32
4.1	Doba zdržení	32
4.2	Doba stání.....	32
4.3	Cestovní čas	33
4.4	Rychlost vozidel.....	33
5	Závěr	34
6	Seznam použitých zdrojů	35
7	Přílohy	36

Úvod

Odsun hlavního nádraží v Brně je tématem již přes 90 let. V dnešní době se nejvíce spekuluje o variantách přesunu „nádraží pod Petrovem“ a „nádraží u řeky“.

Bakalářská práce podrobněji zkoumá návrh dopravního řešení, jenž navrhl kolektiv autorů Koleček-Jura. Autoři zpracovali přesun nádraží ve variantě „řeka“. Z důvodu velkého zatížení obou komunikací se tvůrci studie rozhodli pro rozložení zátěže do více křižovatek. Vznikl tím koncept dvou souběžných jednosměrných silnic, který umožňuje omezit levé odbočení na dotčených křižovatkách a usnadňuje chodcům lépe překonávat komunikaci.

Cílem práce je posoudit, zdali navrhovaný koncept bude funkční a zda autorový záměr rozmělnit dopravní zatížení je správným krokem, nebo je třeba hledat efektivnější řešení.



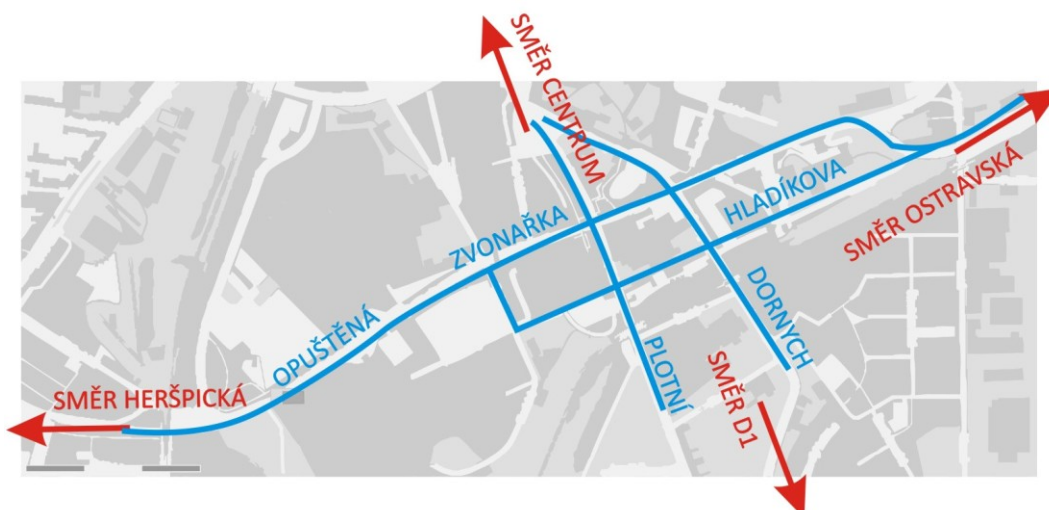
Obr. 3 Intenzity dopravy (CSD, 2010)

1.3 Navrhované stavy

1.3.1 Varianta A

Jelikož se předpokládá růst automobilové dopravy, mají v brzké době intenzity dopravního proudu přesáhnout 40 tisíc voz/den. Protože autoři studie nechtěli mimoúrovňové křížení komunikací (z důvodu náročnosti na výstavbu i prostory), rozhodli se, jak už bylo zmíněno, pro rozdělení jednoho dopravního prostoru do dvou paralelních ulic.

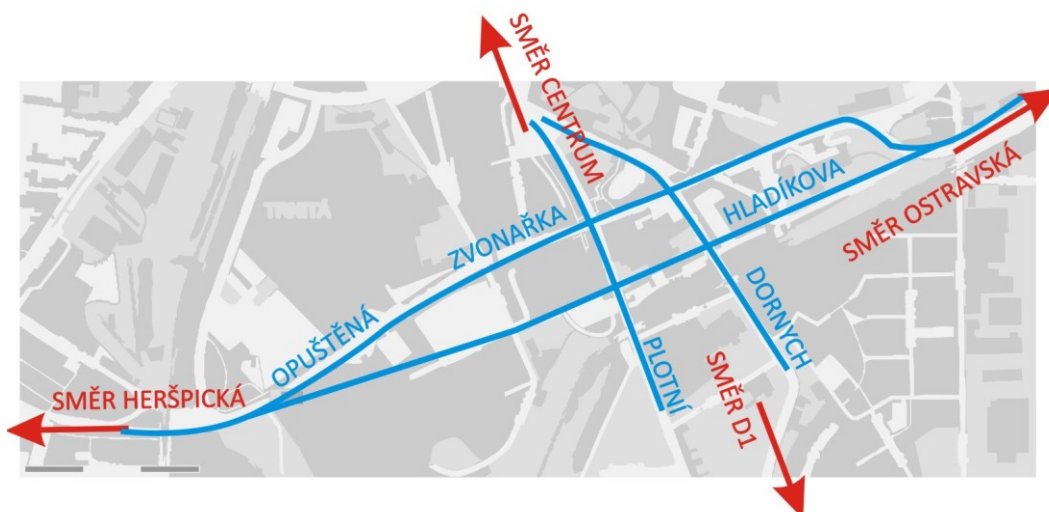
VMO se na úrovni ulice Masná rozdělí a auta jedoucí z východu na západ budou navedena na jednosměrnou ulic Zvonařka. V opačném směru dojde k oddělení na konci ulice Opuštěná. Odbočení při jízdě z Opuštěné do centra bude možné po ulici Dornych.



Obr. 4 Schéma hlavních sběrných komunikací varianta A

1.3.2 Varianta B

Tato varianta počítá s prodloužením rovnoběžných ulic Zvonařka a Hladíkova až po ulici Uhelná. To má za následek vytvoření obdobného klínu, jako je na východní straně řešeného území. Výhody varianty spočívají v odstranění jedné světelně řízené křižovatky. Naopak nevýhodou řešení je nemožnost smysluplného využití prostoru mezi větvemi komunikace.

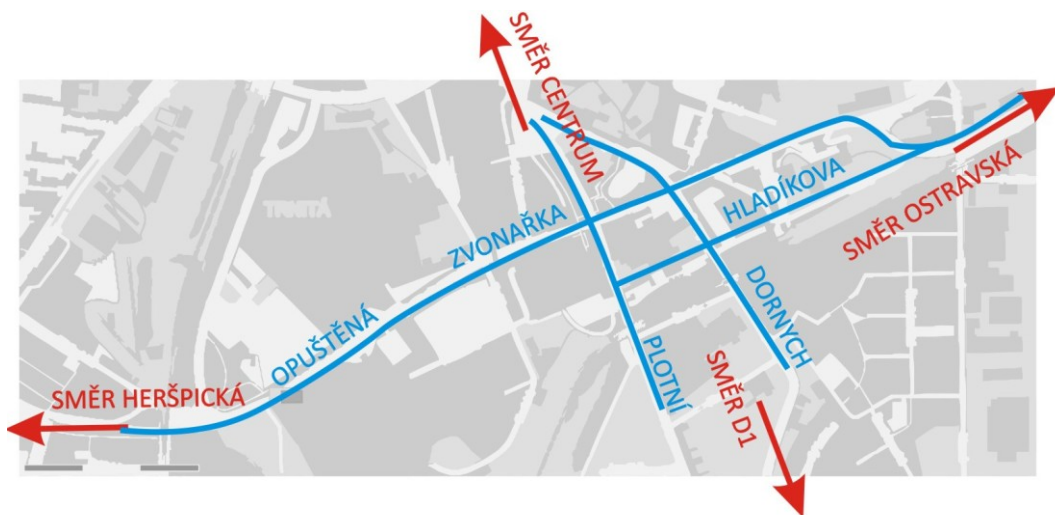


Obr. 5 Schéma hlavních sběrných komunikací varianta B

1.3.3 Varianta C

Třetí varianta opouští od prodloužení ulice Hladíkova. Ulice Plotní a Dorných jsou taktéž jednosměrné. Plotní vede dopravu směrem na D1, Dorných směrem opač-

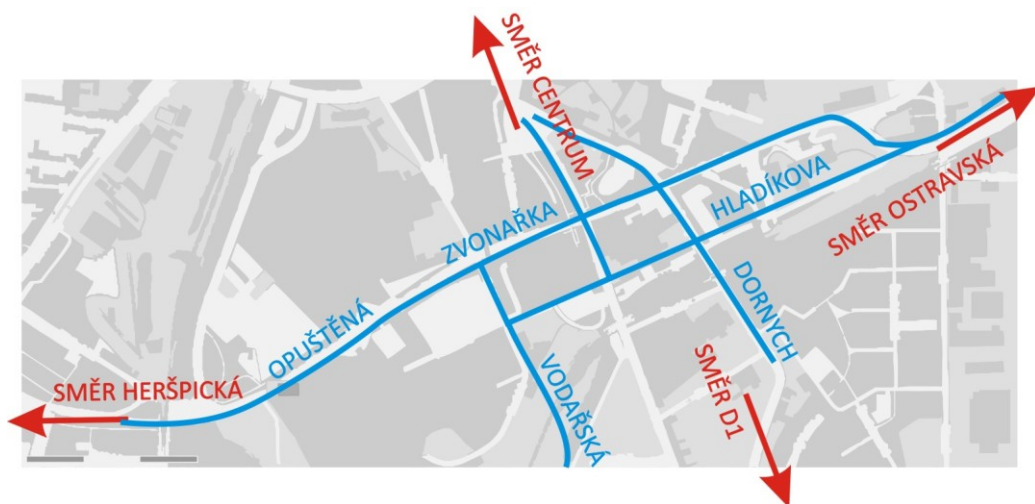
ným. V okolní zástavbě tak vzniká okružní křižovatka kolem celého bloku. Tato varianta přináší nejjednodušší koordinaci, kde je SSZ teoreticky pouze z důvodu, aby umožnilo přechod chodců.



Obr. 6 Schéma hlavních sběrných komunikací varianta C

1.3.4 Varianta D

Poslední varianta zkoumá možnost nahrazení sběrné komunikace ulice Plotní ulicí Železniční a následně ulicí Vodařská. Z Plotní se tak stává pouze obslužná komunikace. Za výhodu považuji oddělení velké části automobilového provozu od tramvajového, který se v brzké době bude přesouvat na ulici Plotní.



Obr. 7 Schéma hlavních sběrných komunikací varianta D

2 Tvorba modelu - obecně

Modelování dopravy je nástroj, který pro dopravní inženýry přináší možnosti řešení složitých úloh. Tyto možnosti umožnil až prudký nárůst výpočetního výkonu počítačů a vznik nových programovacích jazyků v posledních dvaceti letech.

Výhodou simulačních modelů je možnost předejít špatným analytickým výpočtům, rychlost zpracování různých návrhů řešení, neomezená podrobnost a rozsah území.

Za nevýhodu se dá naopak považovat nutnost kvalitních podkladů pro ověření funkčnosti modelu. Rovněž je téměř nemožné ověřit správnost takto vytvořeného modelu, a tak se správnost a prezentace výsledků odvíjí od zkušenosti uživatele.

Pro účely této práce byl zvolen program AIMSUN od španělské firmy TSS. Software umožňuje tvorbu sítí v makroskopickém i mikroskopickém měřítku. Simulace křižovatek I/41 a I/42 bude probíhat v mikroskopickém měřítku a bude simulovat pouze osobní automobilovou dopravu.

2.1 Tvorba modelu

2.1.1 Geometrie

První věcí, která je nutná pro vytvoření funkčního modelu, je tvorba dopravní sítě. Ta se skládá z meziuzlových úseků tzv. linek (nebo hran), které jsou následně spojeny v uzlech (křižovatkách).

Definičními parametry linek jsou dovolené rychlosti, počet a šířky jízdních pruhů. Protože na řešeném území nejsou žádné výrazné výškové změny, nenastavoval jsem na žádných linkách výšku. Model je tedy v rovině. V nastavení uzlů jsou pak voleny věci jako křižovatkové pohyby a přednosti v jízdě.

Při navrhování geometrického uspořádání jízdních pruhů jsem vycházel z podkladu, který mi byl poskytnut formou DWG souboru jako součást zadání. Ten obsahoval nákres komunikační sítě včetně nákresů odbočovacích pruhů. Malou nepříjemností při osnování geometrie byl fakt, že Aimsun neumí dva a více odbočovacích pruhů. Tento problém jsem vyřešil pomocí přidání uzlu před křižovatkou.

Pro přiblížení skutečnosti jsem v řadících pruzích na konci linek přidal plné čáry zamezující zmatečnému přejíždění vozidel z pruhu do pruhu v těsné blízkosti křižovatky. V samotné křižovatce jsem pak dal tzv. „stop line“. Ty simulují najetí vozidel do křižovatky, protože v defaultním nastavení není průjezd vozidel reálný.

Jako další bylo nutné přidat body zdrojů a cílů dopravních cest (centroidy).

2.1.2 Chodci

Pěší doprava je v modelu navržena pouze na křižovatkách s velkým podílem odbočení vlevo proto, aby bylo vidět, jak moc chodci ovlivní průjezd vozidel křižovatkou. Z toho důvodu jsem zvolil tzv. liniové vedení chodců, při kterém nedochází k ovlivňování chodec – chodec. Intenzity osob jdoucích po přechodu jsem odhadl, počítačový program je dávkuje plynule po celou dobu simulace.

2.1.3 Matice dopravních vztahů

Dopravní zatížení je v práci zadáno pomocí matice přepravních vztahů (O/D matice). Čísla dopravního zatížení byla převzata z pentlogramu pro IAD 2030.

Samotné čísla do O/D matice jsem rozdělil následovně. Prvně jsem určil nesmyslné směry vozidel. Za nesmyslný směr považuji takové centroidy, které jsou sousední, nebo je lepší dostupnost mimo řešenou oblast. Následně jsem provedl procentuální podíl vjezdů do daného centroidu (bez nesmyslných směrů) a těmito procenty vynásobil číslo výjezdu vozidel z řešeného centroidu do všech ostatních.

Příklad výpočtu výjezdu z centroidu č. 8 varianty A:

Centroid 8 má denní intenzitu 11 435 voz/den. Protože simuluji denní špičku, byla tato hodnota vynásobená 7,5%. Pak tedy

$$O = IC_8 * D\check{S}$$

$$O = 11\,435 * 0,075$$

$$O = 914 \text{ voz/hod}$$

Kde	O	Hodinová intenzita centroidu
	IC_8	Denní intenzita centroidu
	DŠ	Velikost denní špičky v procentech

$$Xi = \frac{\Sigma V - \Sigma NS}{Vi}$$

$$X_1 = \left(\frac{7\,269 - 1\,182}{1\,611} \right) * 100$$

$$X_1 = 26,5\%$$

Kde	Xi	Procento vozidel do centroidu i
	ΣV	Součet všech vjezdů do centroidů
	ΣNS	Součet vjezdů do nesmyslných směrů
	V_i	Vjezd do daného centroidu

Nakonec jsem provedl součin O a X_i

$$O_{8,1} = O_8 * X_1$$

$$O_{8,1} = 914 * 0,265$$

$$O_{8,1} = 242 \text{ voz/hod}$$

Znamená to tedy, že z centroidu 8 jezdí do centroidu 1 242 vozidel za hodinu. Postup jsem provedl pro všechny uzly a výsledky doplnil do O/D matice.

2.1.4 Řídící plán

Pro úspěšnou funkci návrhu je klíčové zvládnutí koordinace SSZ (světelné signalizační zařízení) tak, aby byla jízda co nejplynulejší. V mých případech jsem zvolil řízení křižovatek jako pevné s cyklem 100s. Délky fází jsou pro každý uzel jiné a pohybují se v rozmezí od 20 do 50 vteřin. Při návrhu jsem se snažil preferovat pohyb po VMO. Blíže řídicí plán bude upřesněn v podrobném popisu jednotlivých variant.

2.1.5 Kalibrace a validace modelu

Před prvním spuštěním modelu jsem nechal veškerá nastavení v původním stavu a sledoval jeho funkčnost. Jelikož má síť kapacitní rezervy, nedošlo na první pohled k žádným problémům. Ty se vyskytly až při bližším zkoumání, a tak bylo potřeba některé parametry modelu změnit.

Hlavním problémem bylo zvláštní řazení vozidel při odbočování vlevo na určitých křižovatkách – i když byly navrženy dva odbočovací pruhy, vozidla využívala pouze jeden. Situaci způsoboval parametr, který určoval, jak dlouho dopředu se řidič chystá na sérii odbočení.

Dalším změněným parametrem byla reakční doba řidičů. V modelu jsem použil dobu 1,5s (ČSN 73 6301, 2004). Zkoušel jsem také použít reakční dobu 2,5s (ČSN 73 6102, 2012). Výsledky ale neodpovídaly požadavkům validace.

Pro validaci simulace jsme zvolili parametr propustnosti uzlu při plně saturovaném toku. Abych zjistil, jaká je tato hodnota ve skutečnosti, opustil jsem teplé místo za počítačem a vydal se s tužkou a zápisníkem na měření v terénu.

Měření probíhalo hned třikrát. První jsem prováděl přímo na místě zamýšlené změny, tj. křižovatky ulic Zvonařka/Plotní a Zvonařka/Dornych v odpoledních hodinách. Protože v průběhu měření došlo k zablokování obou křižovatek, byl jsem donucen ho přerušit a výsledky tak nebyly dostatečně přesné. Druhé měření jsem prováděl také během odpoledních hodin v Ostravě na křižovatce ulic Mariánskohorská/Jirská. I přestože jsem si díky osobním zkušenostem myslel, že se zde tvoří dostatečně saturovaný tok vozidel, ukázal se pravý opak a výsledky jsem vůbec nezahrnoval do měření. Poslední měření jsem prováděl v ranních hodinách na křižovatce ulic Úvoz/Kotlářská.

Po zpracování výsledků z měření v Brně jsem se dopracoval k číslu propustnosti uzlu 1 708 voz/hod. Protože je tato hodnota nižší než 2 000 voz/hod (TP 235, 2011) a dokonce i než 1 800 voz/hod (TP 81, 2015), považoval jsem měření za neúspěšné a jako bernou minci zvolil hodnotu 2 000 voz/hod. Této hodnotě se můj model po změně výše uvedených parametrů přibližoval, a tak považuji model za dostatečně kalibrovaný a validovaný.

3 Zevrubný popis variant

3.1 Varianta A

3.1.1 Matice dopravních vztahů

Matice je nesymetrická, protože podle zadání není stejný počet vjezdů a výjezdu do oblasti.

Číslo uzlu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Σ
1		35	160	75	265	155	330	235	5	65	115	1440
2	35			5	25	15	30	20	5	5	10	150
3	165				110	65	135	95	5	25	50	650
4	90	10				35	70	50	5	15	25	300
5	315	30	125				255	180	5	50	90	1050
6	175	15	70	30			140	100	5	30	50	615
7	350	30	135	65	225	130		200	5	55	100	1295
8	250	20	95	45	155	90	195				70	920
9	5	5	5	5	5	5	5				5	40
10	65	5	25	10	45	25	55				20	250
11	110	10	45	20	70	40	90	60	5	15		465
Σ	1560	125	500	180	635	405	975	705	35	195	535	

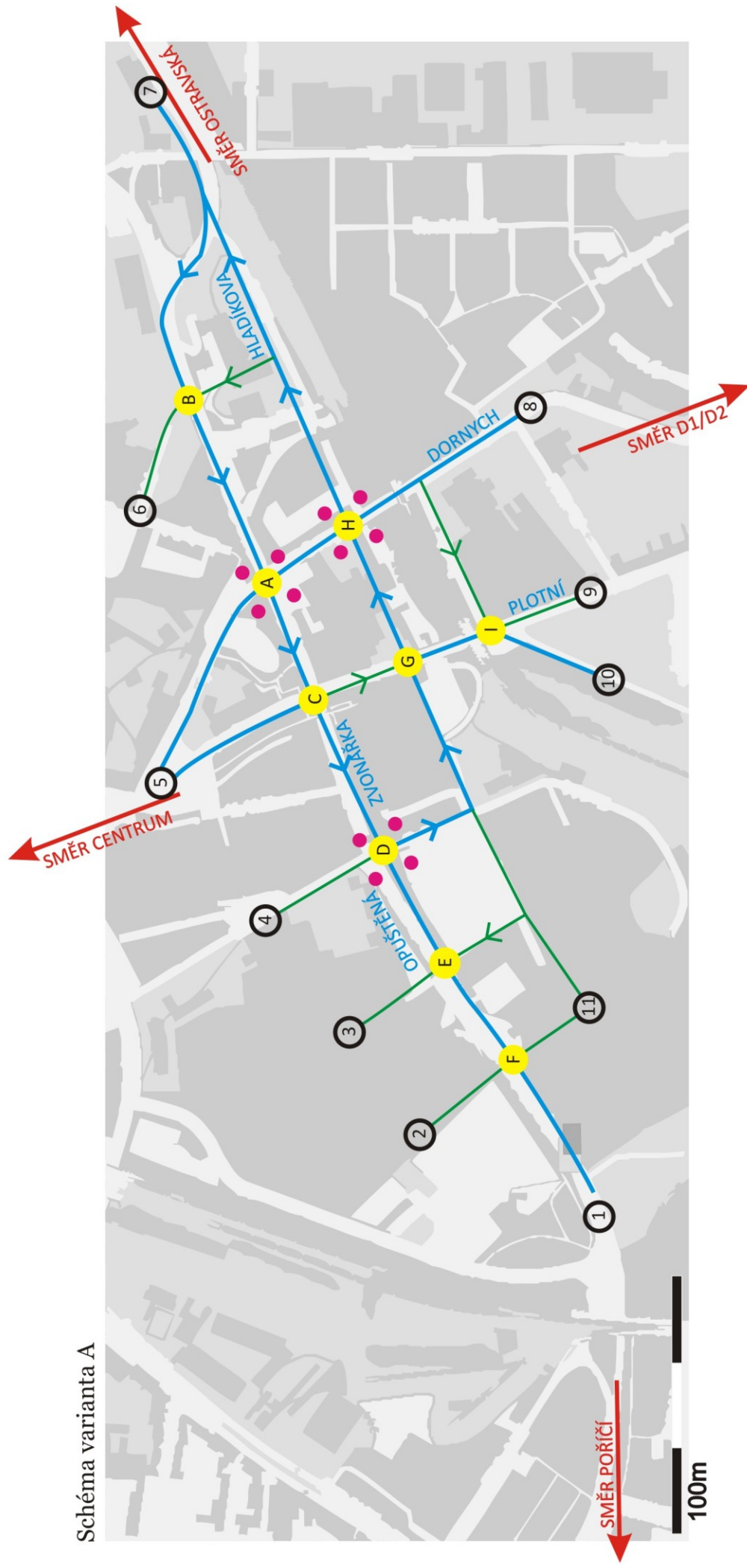
Tab. 1 Matice dopravních vztahů IAD pro var. A, Černé buňky – vlastní směr, Modré buňky – nesmyslný směr

3.1.2 Řídící plán

Pozorovací metodou jsem postupně tvořil řídicí plán jednotlivých křižovatek tak, aby docházelo k co nejmenšímu počtu zastavení a tím i větší spotřebě paliva a vzniku škodlivin vypouštěných do ovzduší.

Proto je celý systém SSZ vyroben takovým způsobem, že vozidlo jedoucí z východu (7) plynule přijede až na křižovatku Zvonařka/Opuštěná. Při jízdě opačným směrem není nutné zastavovat vůbec.

Schéma varianta A



- Dvou a více pruhová sběrná komunikace pro jeden směr
- Jednopruhová obslužná komunikace pro jeden směr

- Centroid pro IAD
- Uzel řízený SSZ
- Centroid pro chodce

3.2 Varianta B

3.2.1 Matice dopravních vztahů

Jelikož návrh odstraňuje sběrnou komunikaci, která tvořila nutnou spojku centroidu 2 do ostatních (vyjma centroidu 1), musel jsem toto dopravní zatížení přenést do sousedního bodu zdroje a cílů cest. Další změnou bylo odstranění centroidu 11, proto jsem jeho zatížení přesunul do uzlu 10.

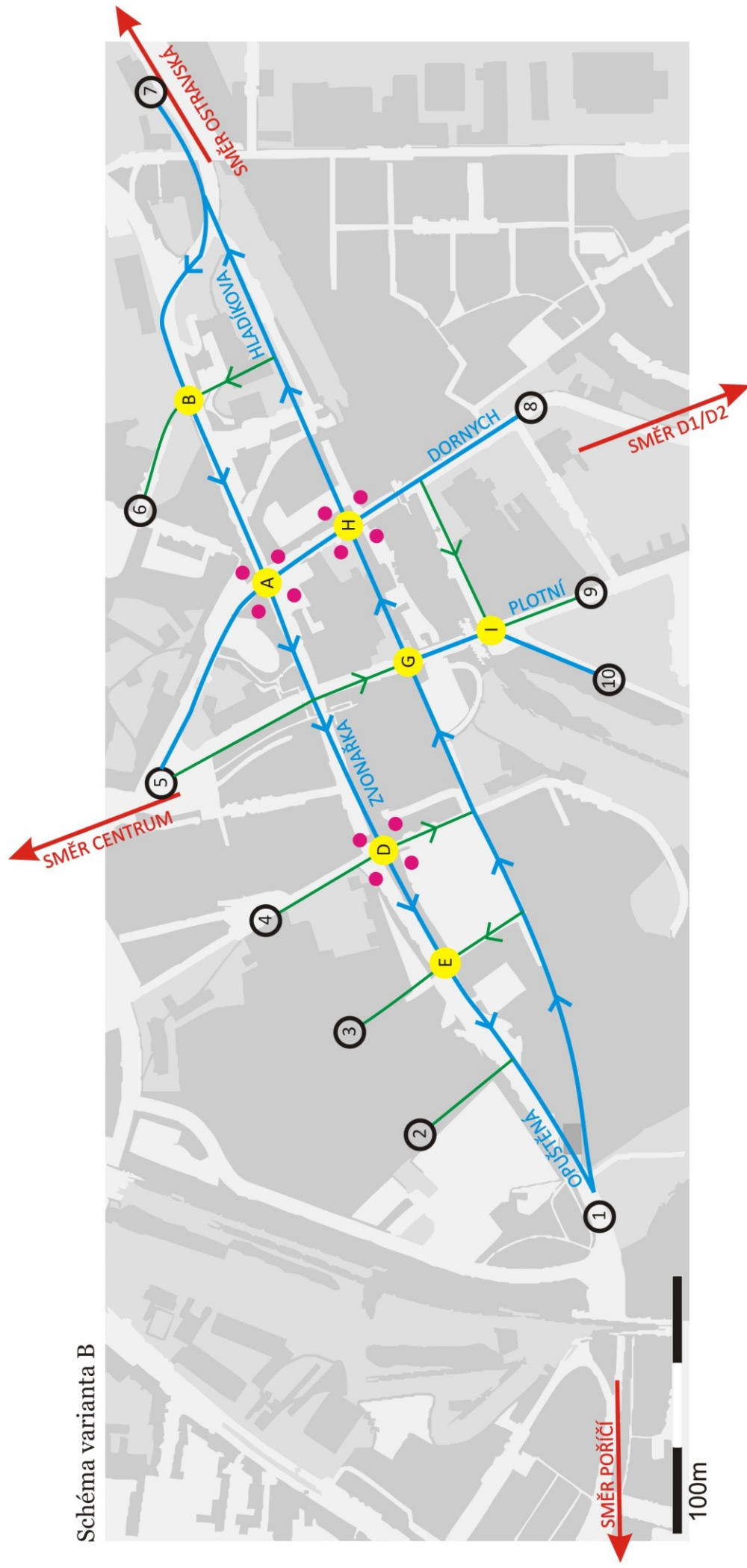
Číslo uzlu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
1		35	160	75	265	155	330	235	5	180	1440
2	35			5	25	15	30	20	5	15	150
3	165				110	65	135	95	5	75	650
4	90	10				35	70	50	5	40	300
5	315	30	125				255	180	5	140	1050
6	175	15	70	30			140	100	5	80	615
7	350	30	135	65	225	130		200	5	155	1295
8	250	20	95	45	155	90	195			70	920
9	5	5	5	5	5	5	5			5	40
10	175	15	70	30	115	65	145	60	5		680
Σ	1560	125	500	180	635	405	975	705	35	580	

Tab. 2 Matice dopravních vztahů IAD pro var. B, Černé buňky – vlastní směr, Modré buňky – nesmyslný směr

3.2.2 Řídící plán

Jelikož je tento systém jednodušší na koordinaci SSZ, neukázalo se ani prodloužení zelené fáze u uzlu E jako velký problém. Vozidla jedoucí po městském okruhu zkoumanou pasáž projíždějí bez nutnosti zastavit na signál stůj nebo zastavit pouze jednou.

Schéma varianta B



- Dvou a více pruhová sběrná komunikace pro jeden směr
- Jednopruhová obslužná komunikace pro jeden směr
- i - Centroid pro IAD
- Uzel řízený SSZ
- Centroid pro chodce

3.3 Varianta C

3.3.1 Matice dopravních vztahů

Třetí varianta dostala změn v podobě přerozdělení vozidel jezdících z centroidů 8 a 9 z důvodu jednosměrného provozu v ulicích Plotní a Dorných.

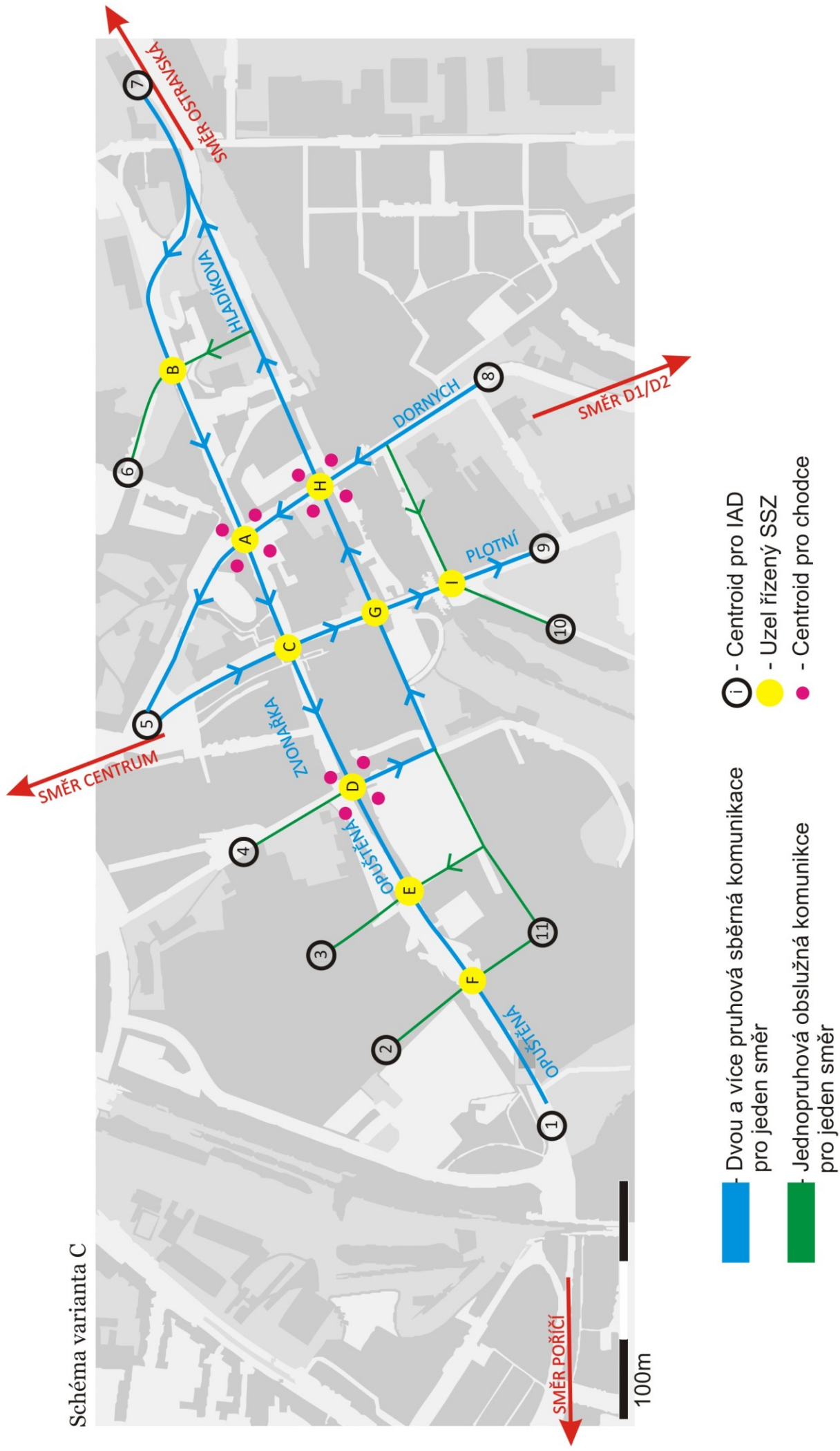
Číslo uzlů	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Σ
1		35	160	75	265	155	330		240	65	115	1440
2	35			5	25	15	30		25	5	10	150
3	165				110	65	135		100	25	50	650
4	90	10				35	70		55	15	25	300
5	315	30	125				255		185	50	90	1050
6	175	15	70	30			140		105	30	50	615
7	350	30	135	65	225	130			205	55	100	1295
8	255	25	100	50	160	95	200				75	960
9												
10	65	5	25	10	45	25	55				20	250
11	110	10	45	20	70	40	90		65	15		465
Σ	1560	160	660	255	900	560	1305		980	260	535	

Tab. 3 Matice dopravních vztahů IAD pro var. C, Černé buňky – vlastní směr, Modré buňky – nesmyslný směr

3.3.2 Řídicí plán

U této varianty bylo vytvořit funkční a koordinovanou síť SSZ nejtěžší z důvodu ne tak zcela zřejmého převládajícího důležitého směru, jelikož se dopravní zatížení dělí rovnoměrně.

Schéma varianta C



3.4 Varianta D

3.4.1 Matice dopravních vztahů

Jelikož je poslední varianta shodná s první, neměnil jsem žádné parametry a matice zůstala stejná jako u varianty A.

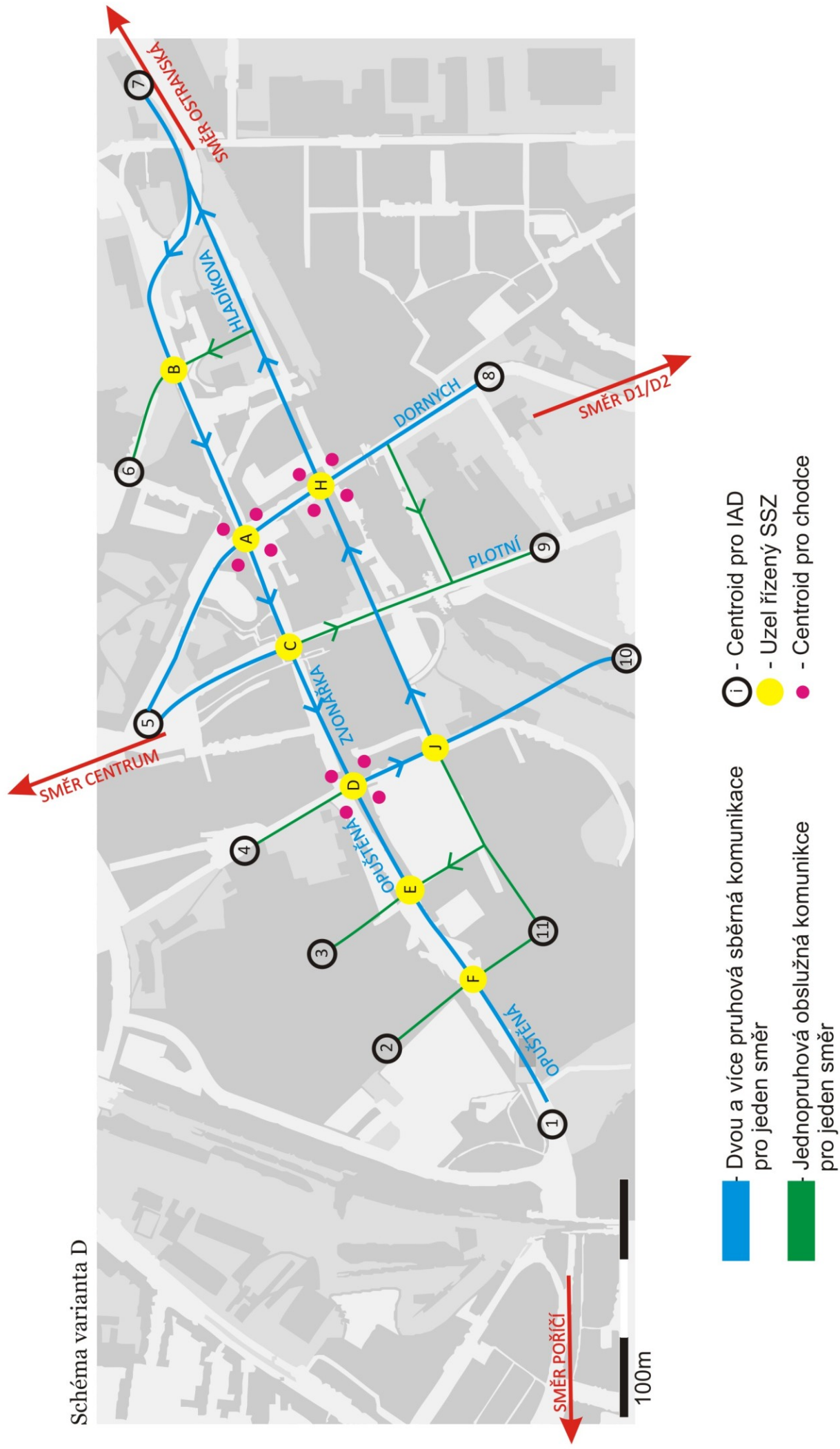
Číslo uzlu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Σ
1		35	160	75	265	155	330	235	5	65	115	1440
2	35			5	25	15	30	20	5	5	10	150
3	165				110	65	135	95	5	25	50	650
4	90	10				35	70	50	5	15	25	300
5	315	30	125				255	180	5	50	90	1050
6	175	15	70	30			140	100	5	30	50	615
7	350	30	135	65	225	130		200	5	55	100	1295
8	250	20	95	45	155	90	195				70	920
9	5	5	5	5	5	5	5				5	40
10	65	5	25	10	45	25	55				20	250
11	110	10	45	20	70	40	90	60	5	15		465
Σ	1560	125	500	180	635	405	975	705	35	195	535	

Tab. 4 Matice dopravních vztahů IAD pro var. D, Černé buňky – vlastní směr, Modré buňky – nesmyslný směr

3.4.2 Řídící plán

Koordinaci SSZ jsem nebyl schopen odladit tak, aby bylo zabráněno tvorbě kongescí u uzlu J, což se negativně projevilo ve výsledcích simulace.

Schéma varianta D



4 Výsledky

Aimsun umí produkovat výsledky simulací v různých formách. Pro porovnání jednotlivých variant jsem si zvolil parametry doby zdržení (Delay time), doby stání (Stop time), cestovní čas (Travel time), rychlosti vozidel (Speed), průměrné fronta (Mean queue). Následně jsem parametry porovnal a varianty ohodnotil pořadím první až čtvrtý.

4.1 Doba zdržení

Použitý software ji udává jako průměrný čas zpoždění vozidla na kilometr cesty. Jedná se o rozdíl mezi očekávanou dobou jízdy (tedy čas, který by vozidlo potřebovalo k projetí systému za ideálních podmínek) a skutečným časem jízdy.

Varianta	Doba zdržení [s/km]	Pořadí variant
Var A	108.42	3.
Var B	73.41	1.
Var C	81.74	2.
Var D	123.27	4.

Tab. 5 Doby zdržení na jednotlivých variantách

4.2 Doba stání

Průměrný čas, který vozidlo stráví stáním na kilometr trasy.

Varianta	Doba stání [s/km]	Pořadí variant
Var A	91.55	3.
Var B	58.34	1.
Var C	66.23	2.
Var D	104.46	4.

Tab. 6 Doby stání na jednotlivých variantách

4.3 Cestovní čas

Průměrná doba, kterou vozidlo potřebuje pro překonání jednoho kilometru uvnitř sítě. Jedná se o průměr všech jednorázových časů (čas výstupu – čas vstupu) pro každé vozidlo, které vstoupilo do modelu, přepočteno na kilometr.

Varianta	Cestovní čas[s/km]	Pořadí variant
Var A	174.77	3.
Var B	137.57	1.
Var C	148.05	2.
Var D	189.61	4.

Tab. 8 Cestovní časy jednotlivých variant

4.4 Rychlost vozidel

Průměrná rychlost pro všechna vozidla, která opustila síť. Vypočítává se pomocí průměrné rychlosti jízdy pro každé vozidlo.

Varianta	Rychlost [km/h]	Pořadí variant
Var A	24.04	3.
Var B	29.31	1.
Var C	26.57	2.
Var D	22.87	4.

Tab. 9 Rychlost vozidel v jednotlivých variantách

5 Závěr

Z dosažených výsledků usuzuji, že nejlepší varianta křížení silnic I/41 a I/42 je varianta B, která ve všech zkoumaných variantách dosahovala nejlepších výsledků. Důvodem může být jednoduchost varianty. To, že k rozdělení na jednosměrné směry nedochází ve světelně řízené křižovatce a vozidla nejsou ovlivněna chodci, se projevilo velmi příznivě.

Druhá nejlépe hodnocená byla varianta C, v níž se projevily výhody rozložení zátěže křižovatek.

Varianta A skončila na třetím místě. Nepříznivě se v ní projevily velký počet SSZ a velký poměr levého odbočení na určitých křižovatkách.

Nejhůře z posuzovaných variant dopadla varianta D. Zrodem tak špatného hodnocení je křížení ulic Hladíkova a Dornych, kde se mi nepovedlo koordinovat SSZ tak, aby nedocházelo k nárazovým kongescím.

6 Seznam použitých zdrojů

AF-CITYPLAN a VUT V BRNĚ. *Příručka pro tvorbu a hodnocení mikroskopických simulací dopravy*. Brno, 2013.

Celostátní sčítání dopravy 2010. *Ředitelství silni a dálnic ČR* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://scitani2010.rsd.cz/pages/informations/default.aspx>

ČSN 73 61 01 *Projektování silnic a dálnic*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví 2004.

ČSN 73 6102 *Projektování křižovatek pozemních komunikací*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví 2012.

KOLEČEK, Ivan a Pavel JURA. *Budoucnost centra města Brna ve variantě přestavby železničního uzlu Brno - „řeka“*. Brno, 2016.

Mapy. *Seznam.cz*, a.s. [online]. 1996 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://mapy.cz>

Microsimulator and Mesosimulator Aimsun 8.0 User's Manual. TSS- Transport Simulation System, S.L. 2014.

TP 81: *Navrhování signalizačních zařízení pro řízení silničního provozu*. Centrum dopravního výzkumu Brno, 1996.

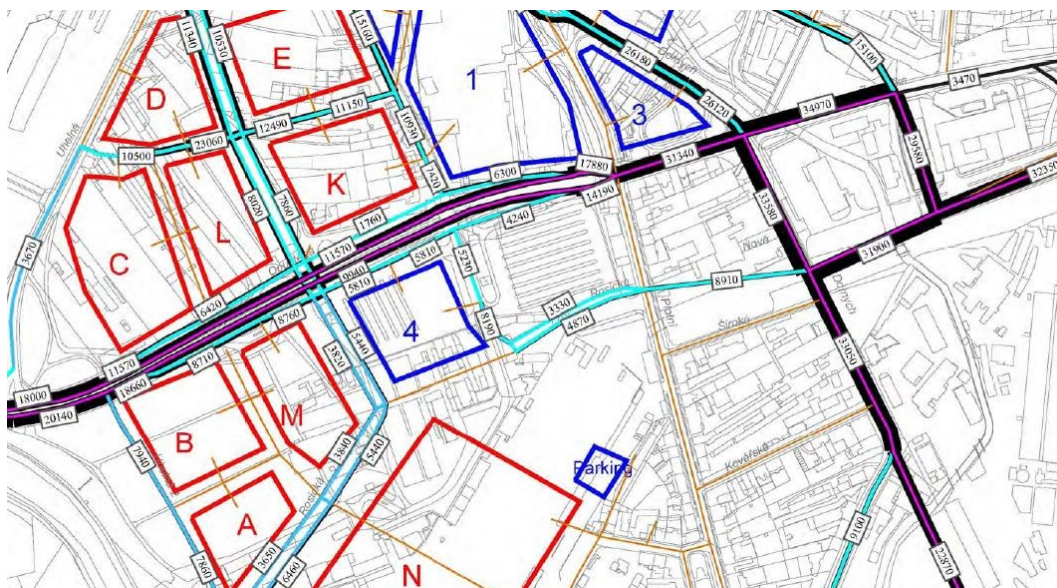
TP 235: *Posuzování kapacity řízených křižovatek*. I. vydání. Plzeň: EDIP s.r.o., 2011.

Seznam zkratk a symbolů

CSD	Celostátní sčítání dopravy
TEN-T	Transevropská dopravní síť
MHD	Městská hromadná doprava
SSZ	Světelné signalizační zařízení
TP	Technické podmínky
O/D	Origin/Destination (zdroj/cíl)

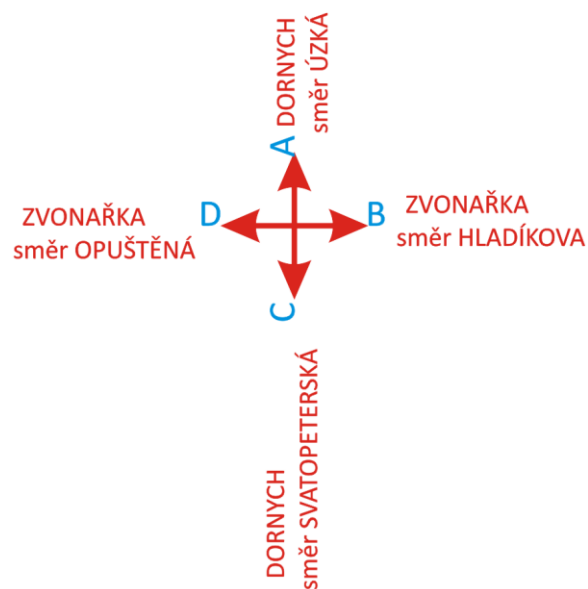
7 Přílohy

1. Pentrogram IAD 2030

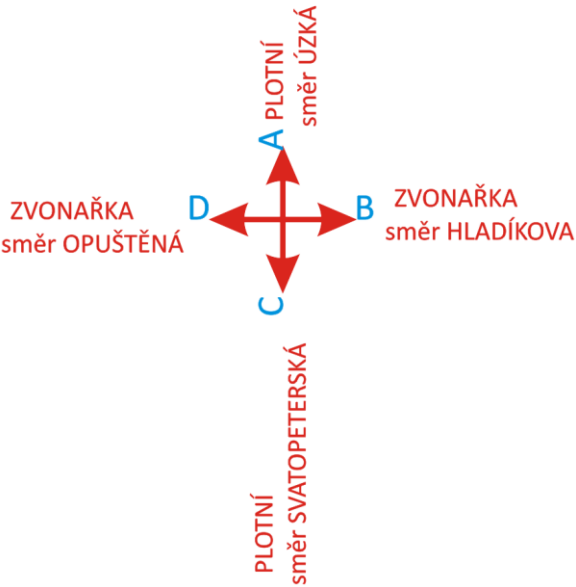


2. Výsledky měření v terénu

Dornych/Zvonařka				
Z/Do	A	B	C	D
A		343	220	
B	334		220	1649
C	378	211		123
D		1637	176	

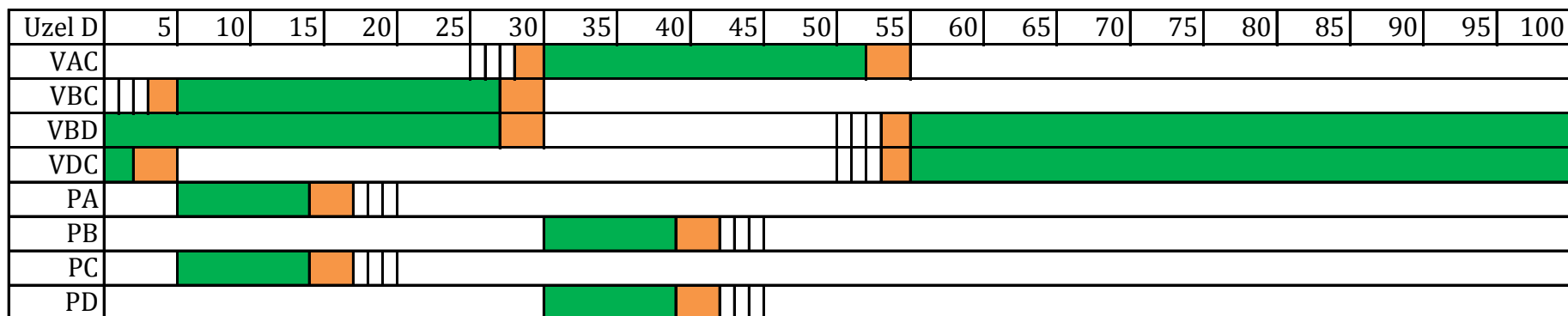
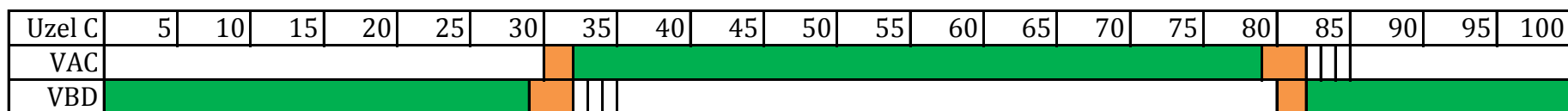
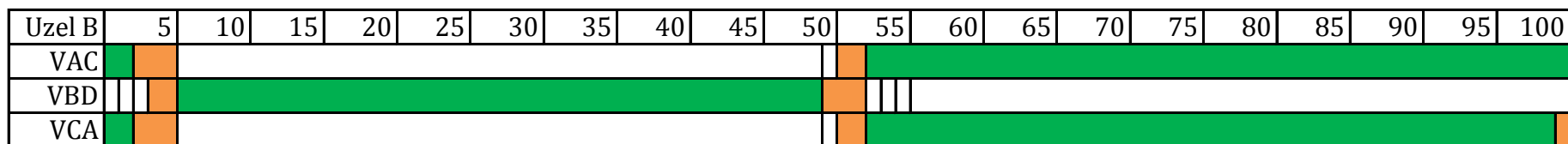
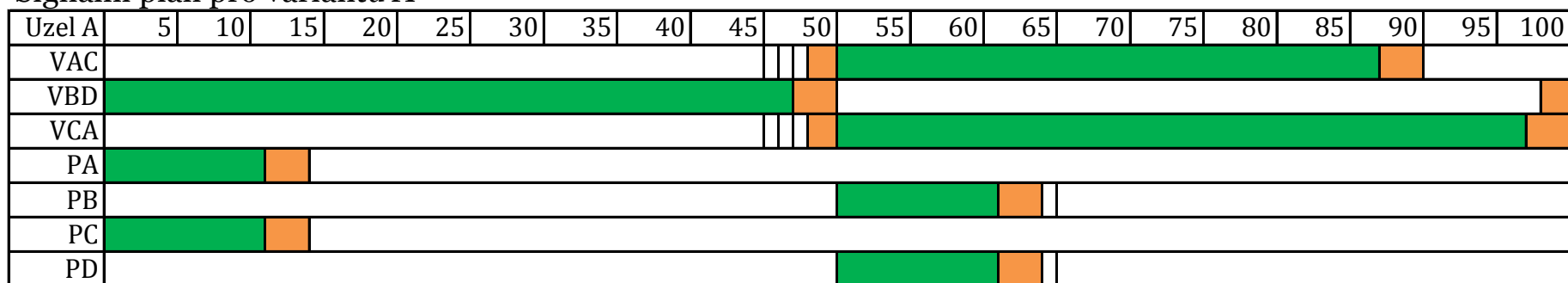


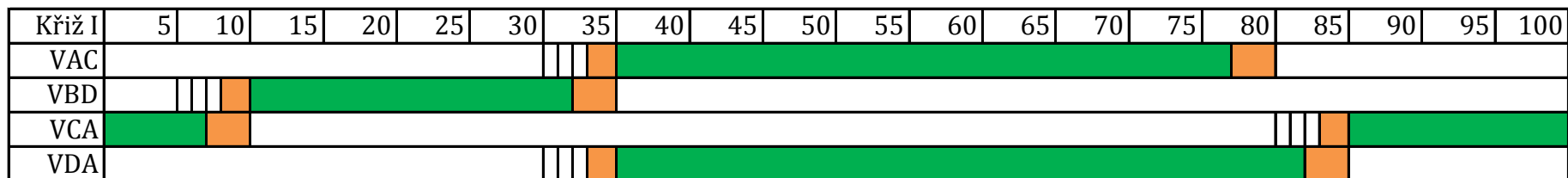
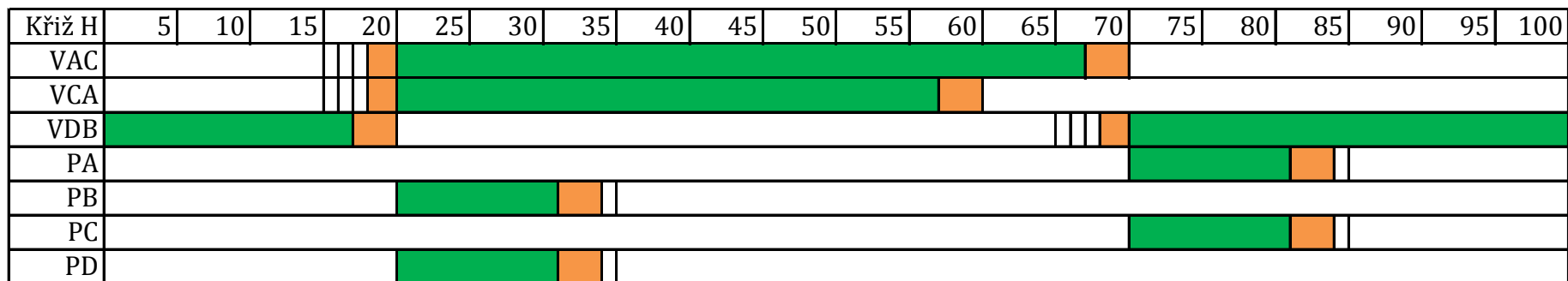
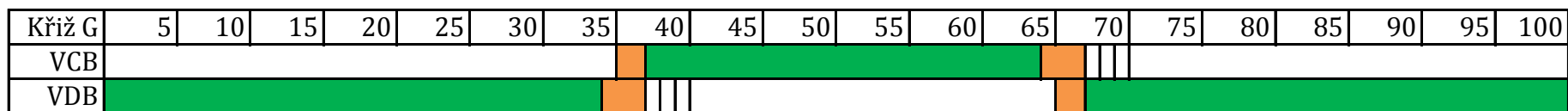
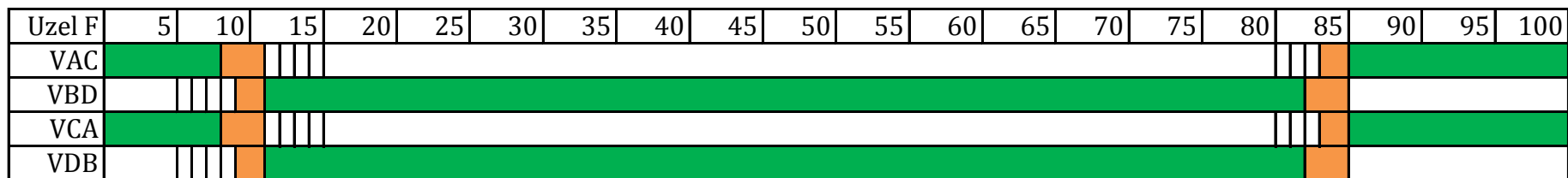
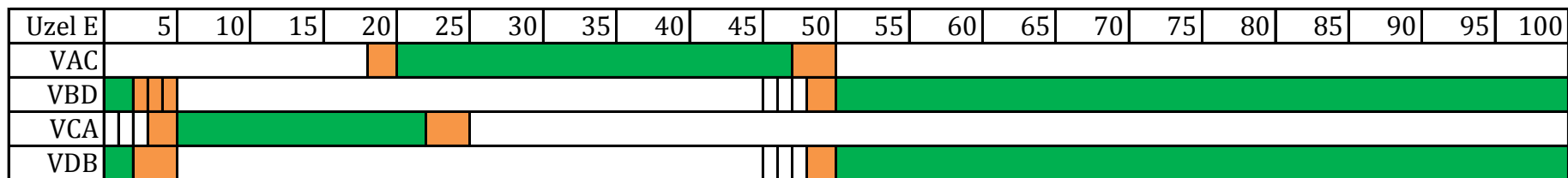
Plotní/Zvonařka				
Z/Do	A	B	C	D
A			808	267
B	13			106
C	440	37		385
D		1708	511	



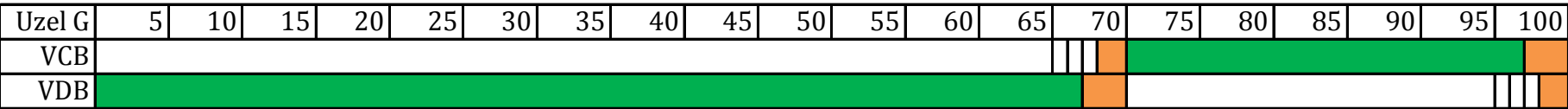
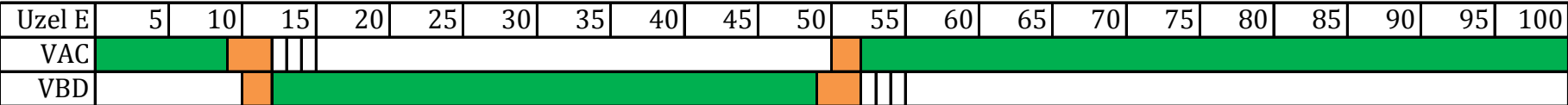
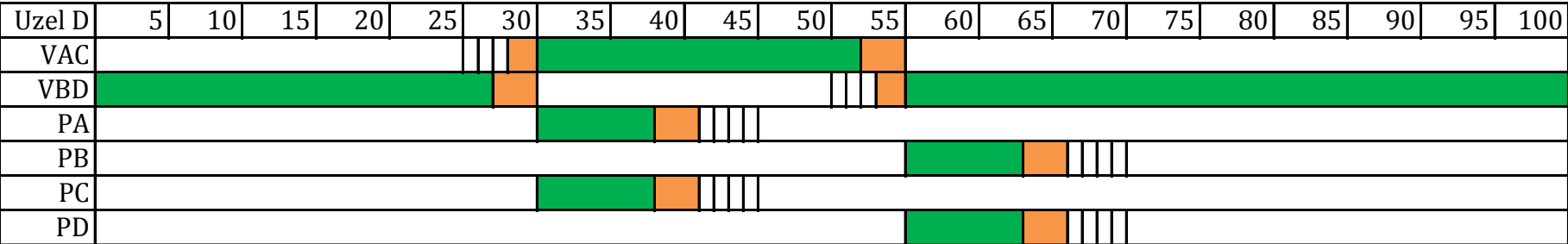
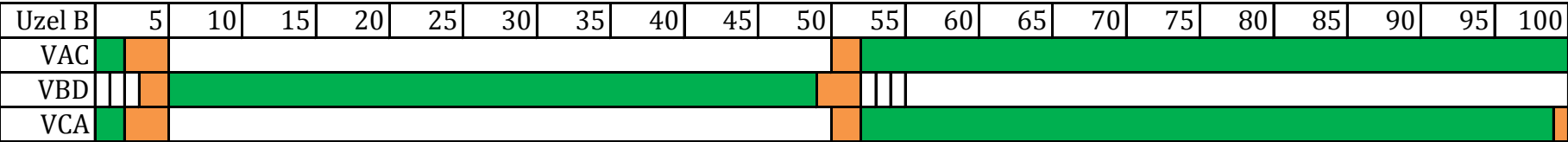
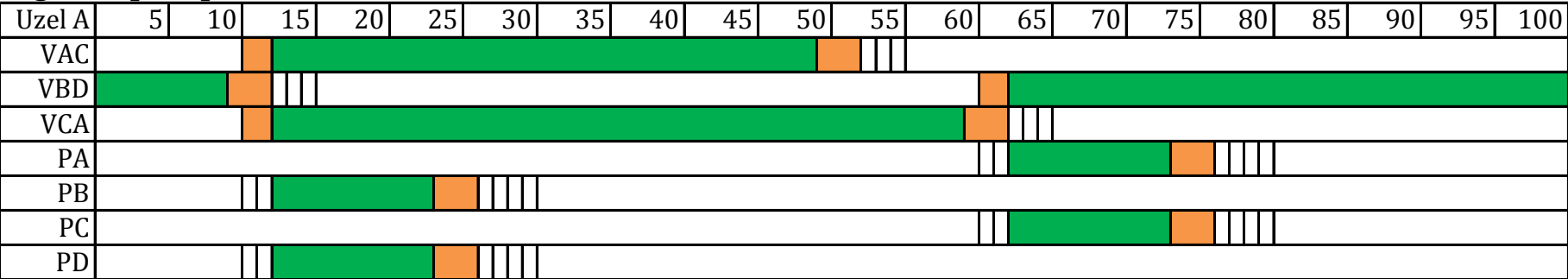
Signální plán pro variantu A

Signální plán pro variantu A

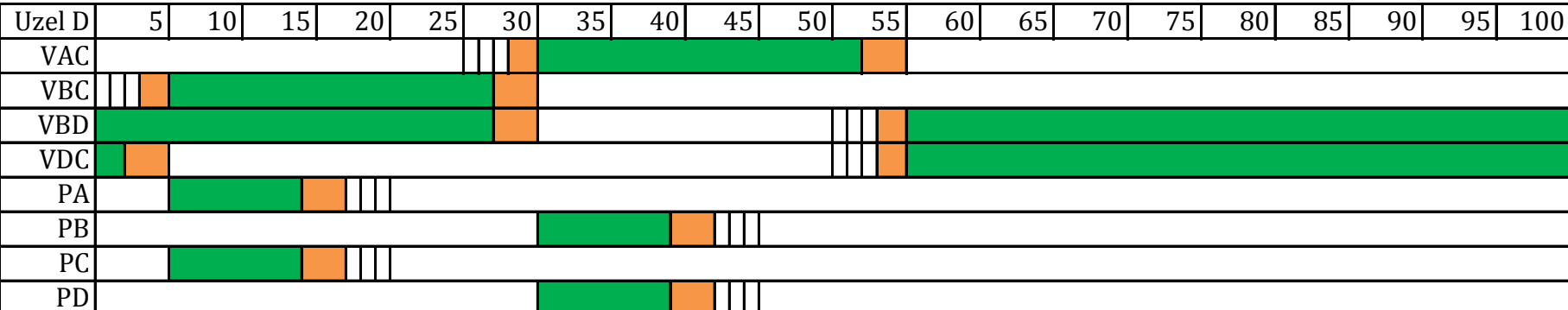
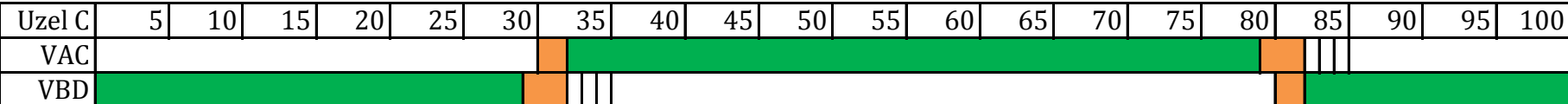
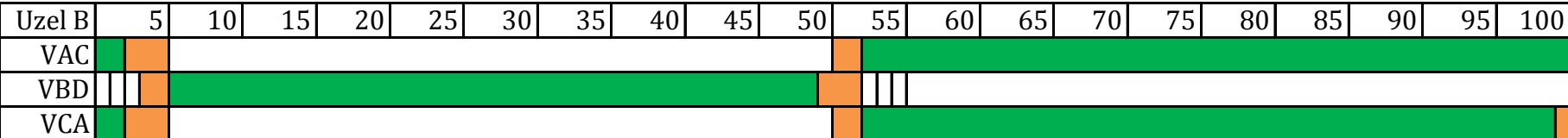
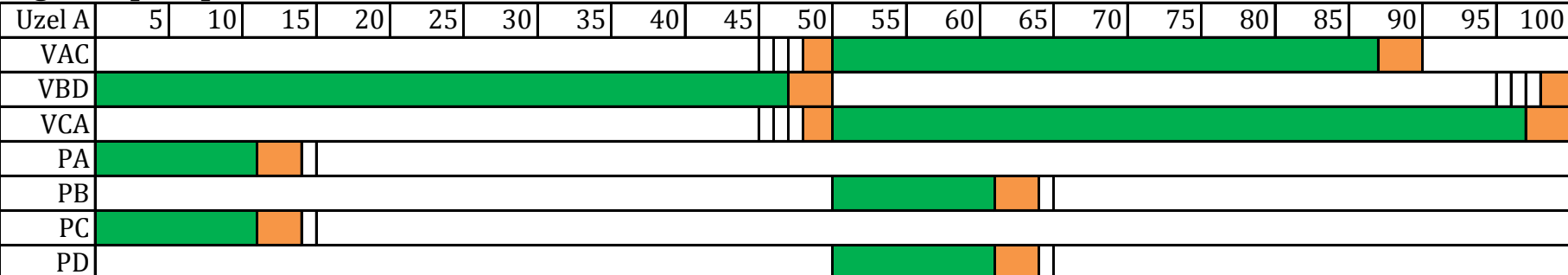


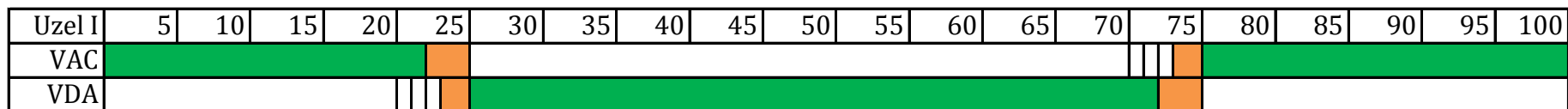
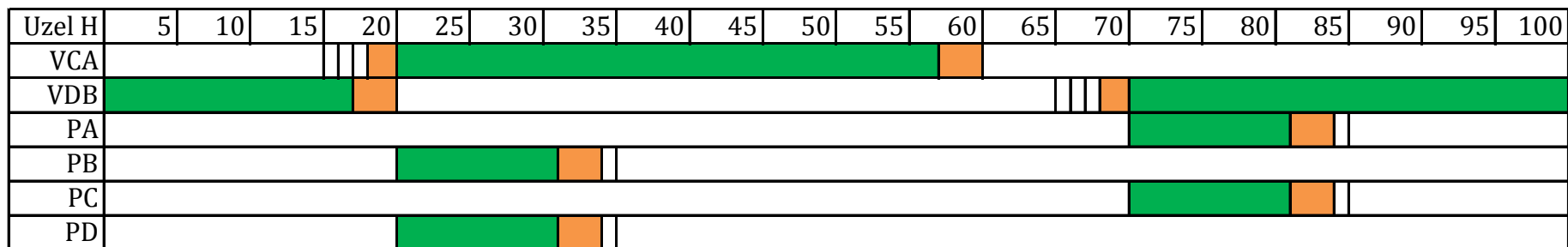
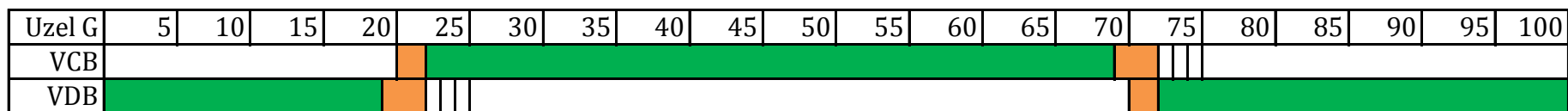
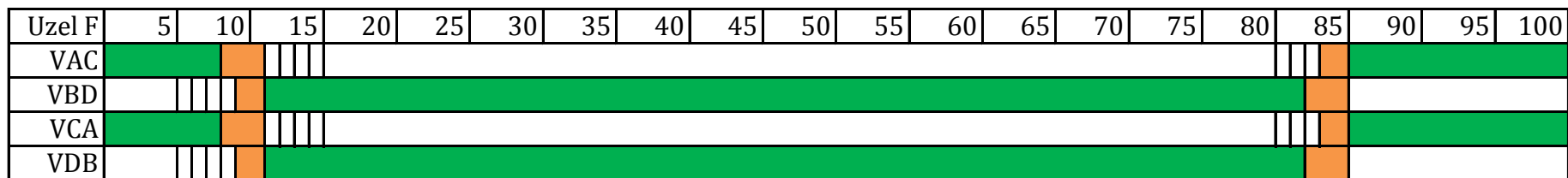
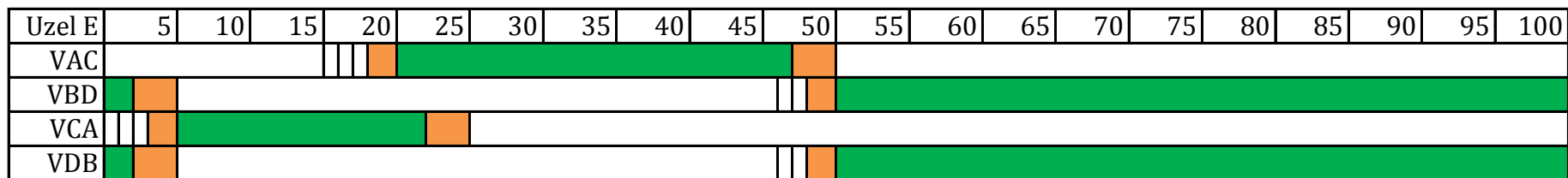


Signální plán pro variantu B

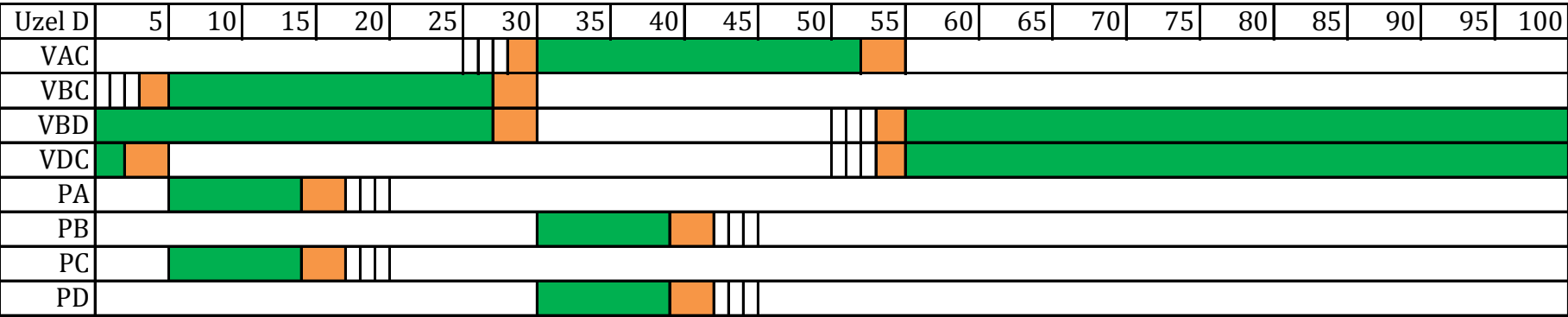
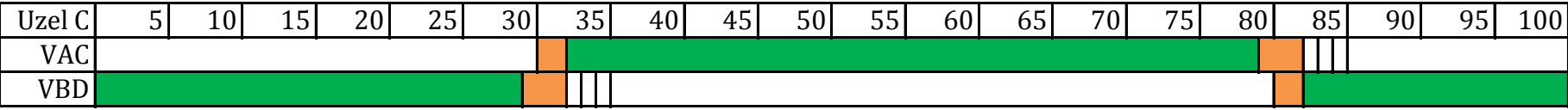
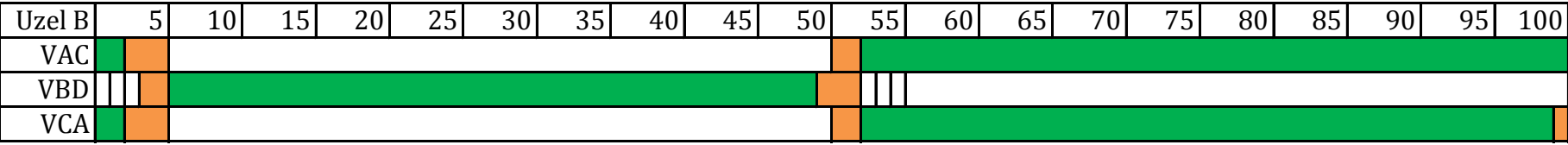
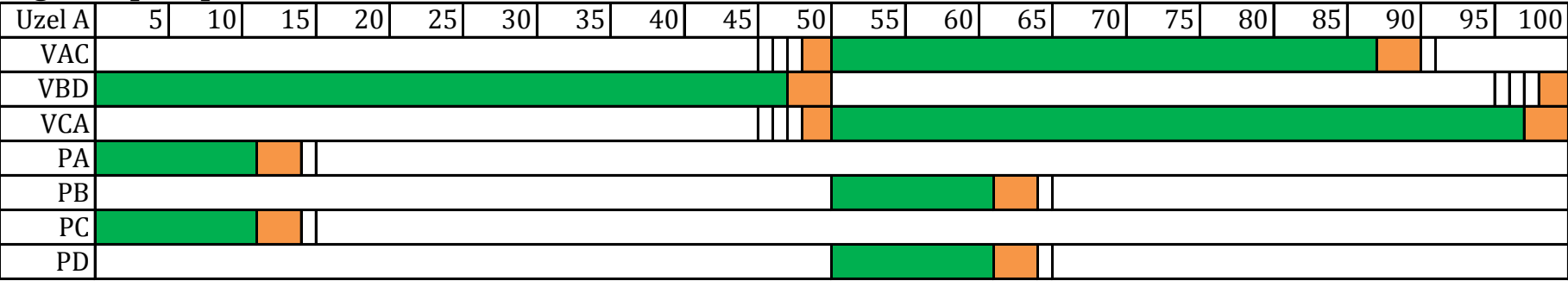


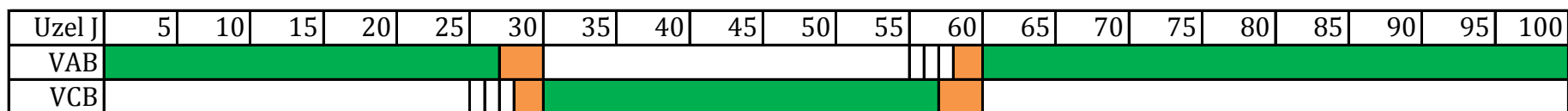
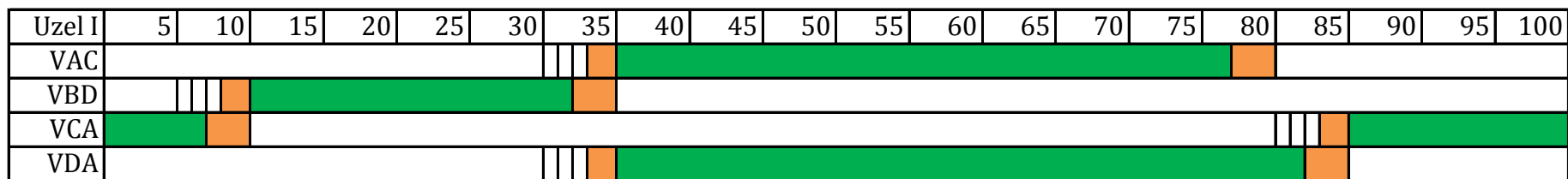
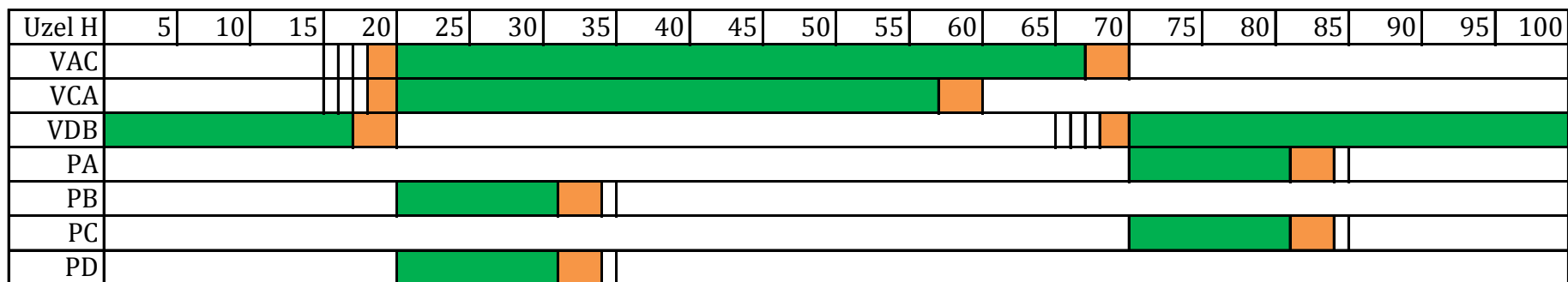
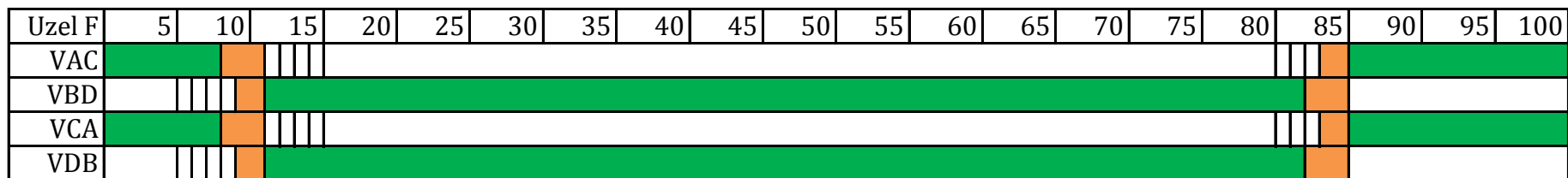
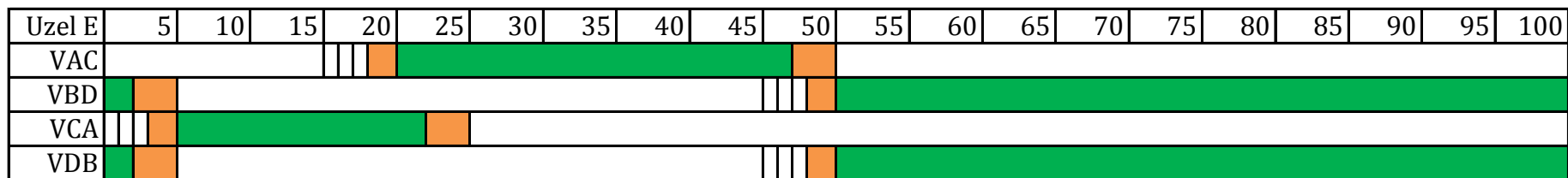
Signální plán pro variantu C





Signální plán pro variantu D





4. Detailní výpis výsledku z programu Aimsun

Time Series	Varianta A	Varianta B	Varianta C	Varianta D	Jednotky
Delay Time - All	1216.3	1407.7	1217.57	1189.98	sec/km
Delay Time - Car	108.42	73.41	81.74	123.27	sec/km
Delay Time - Pedestrian	2314.18	2496.55	2341.78	2204.83	sec/km
Density - All	24.92	25.17	24.43	25.79	veh/km
Density - Car	17.01	15.29	16.33	18.33	veh/km
Density - Pedestrian	7.91	9.88	8.1	7.46	veh/km
Flow - All	14336.29	12922.29	14295.25	13678	veh/h
Flow - Car	7135.69	5806.71	7110.88	6668.6	veh/h
Flow - Pedestrian	7200.6	7115.58	7184.38	7009.4	veh/h
Harmonic Speed - All	2.32	2.03	2.32	2.35	km/h
Harmonic Speed - Car	20.6	25.79	24.32	18.99	km/h
Harmonic Speed - Pedestrian	1.23	1.16	1.22	1.28	km/h
Input Count - All	14382.82	13058.23	14290.38	14368.8	veh
Input Count - Car	7170.6	5921.48	7102.06	7174	veh
Input Count - Pedestrian	7212.22	7136.75	7188.32	7194.8	veh
Input Flow - All	14382.82	13058.88	14293.62	14368.8	veh/h
Input Flow - Car	7170.6	5922.88	7103.67	7174	veh/h
Input Flow - Pedestrian	7212.22	7136	7189.96	7194.8	veh/h
Max. Virtual Queue - All	23.24	273.96	20.29	24.08	veh
Max. Virtual Queue - Car	11.82	183.25	4.75	14.16	veh
Max. Virtual Queue - Pedestrian	18.31	95.29	19	15.8	veh
Mean Queue - All	330.13	312.39	270.05	354.44	veh
Mean Queue - Car	183.54	147.62	136.12	215.06	veh
Mean Queue - Pedestrian	146.59	164.78	133.93	139.38	veh
Mean Virtual Queue - All	4.84	88.45	3.68	3.49	veh
Mean Virtual Queue - Car	1.53	52.01	0.26	1.31	veh
Mean Virtual Queue - Pedestrian	3.31	36.45	3.42	2.18	veh
Missed Turns - All	249	209.04	189.33	242.96	
Missed Turns - Car	249	209.04	189.33	242.96	
Missed Turns - Pedestrian	0	0	0	0	
Number of Lane Changes - All	1248.78	1218.74	1385.22	1208.46	#/km
Number of Lane Changes - Car	1039.22	990.49	1167.57	1004.84	#/km
Number of Lane Changes - Pedestrian	209.56	228.24	217.65	203.63	#/km
Number of Stops - All	0.83	0.97	1.03	0.84	#/veh/km
Number of Stops - Car	0.12	0.1	0.12	0.14	#/veh/km
Number of Stops - Pedestrian	1.53	1.68	1.94	1.51	#/veh/km
Speed - All	12.85	14.07	14.1	12.08	km/h
Speed - Car	24.04	29.31	26.57	22.87	km/h
Speed - Pedestrian	1.77	1.64	1.76	1.81	km/h
Stop Time - All	1501.57	1723.47	1496.8	1479.16	sec/km

Stop Time - Car	91.55	58.34	66.23	104.46	sec/km
Stop Time - Pedestrian	2898.88	3082.31	2912.74	2787.03	sec/km
Total Number of Lane Changes - All	27595.62	24586.71	26933.42	27057.64	
Total Number of Lane Changes - Car	22964.76	19982.12	22701.5	22498.4	
Total Number of Lane Changes - Pedestrian	4630.87	4604.58	4231.92	4559.24	
Total Number of Stops - All	263206.5	252900.3	287455.4	257006.1	
Total Number of Stops - Car	19611.8	12052.13	16581.34	20319.58	
Total Number of Stops - Pedestrian	243594.7	240848.2	270874.1	236686.5	
Total Travel Time - All	546.86	427.98	474.92	547.39	h
Total Travel Time - Car	372.53	241.6	317.7	383.31	h
Total Travel Time - Pedestrian	174.33	186.38	157.22	164.08	h
Total Travelled Distance - All	7951.76	6655.36	8031.72	7391.66	km
Total Travelled Distance - Car	7730.98	6436.76	7836.51	7176.67	km
Total Travelled Distance - Pedestrian	220.78	218.6	195.21	214.98	km
Travel Time - All	1552.76	1770.04	1554.35	1531.86	sec/km
Travel Time - Car	174.77	139.57	148.05	189.61	sec/km
Travel Time - Pedestrian	2918.32	3100.6	2946.26	2808.85	sec/km
Vehicles Inside - All	561.64	583.12	464.54	690.8	veh
Vehicles Inside - Car	380.31	371.62	304.42	505.4	veh
Vehicles Inside - Pedestrian	181.33	211.5	160.12	185.4	veh
Vehicles Lost Inside - All	0.29	0.33	1.46	0.92	veh
Vehicles Lost Inside - Car	0.29	0.33	1.46	0.92	veh
Vehicles Lost Inside - Pedestrian	0	0	0	0	veh
Vehicles Lost Outside - All	30.29	26.83	108.75	37.96	veh
Vehicles Lost Outside - Car	30.29	26.83	108.75	37.96	veh
Vehicles Lost Outside - Pedestrian	0	0	0	0	veh
Vehicles Outside - All	14336.29	12922.29	14295.25	13678	veh
Vehicles Outside - Car	7135.69	5806.71	7110.88	6668.6	veh
Vehicles Outside - Pedestrian	7200.6	7115.58	7184.38	7009.4	veh
Vehicles Waiting to Enter - All	9.38	261.46	6.38	13.52	veh
Vehicles Waiting to Enter - Car	2.09	178	0.38	7.16	veh
Vehicles Waiting to Enter - Pedestrian	7.29	83.46	6	6.36	veh
Waiting Time Virtual Queue - All	1.1	1.57	0.93	0.8	sec
Waiting Time Virtual Queue - Car	0.54	0.21	0.17	0.44	sec
Waiting Time Virtual Queue - Pedestrian	1.65	2.68	1.68	1.13	sec